

REC'D 5/7/10

04 MAR 2005

PCT/EP 03/09792

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 09 OCT 2003

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 52 232.4

Anmeldetag: 11. November 2002

Anmelder/Inhaber: Continental Teves AG & Co oHG,
Frankfurt am Main/DE

Bezeichnung: Verfahren zur elektronischen Regelung der Brems-
kraftverteilung

Priorität: 06.09.2002 DE 102 41 910.8

IPC: B 60 T 8/26

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Waasmaier

BEST AVAILABLE COPY

Verfahren zur elektronischen Regelung der Bremskraftverteilung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur elektronischen Regelung der Bremskraftverteilung auf die Vorder- und die Hinterachse eines Kraftfahrzeugs, bei dem das Drehverhalten der Fahrzeugräder ermittelt, mit der Fahrzeuggeschwindigkeit oder Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit und/oder mit den Änderungen dieser Größen verglichen und zur Begrenzung des Schlupfes an den Hinterradbremse durch Modulation des Bremsdruckes ausgewertet wird.

Bei der Auslegung der Betriebsbremsanlage eines Kraftfahrzeugs ist es wichtig, den Bremskraftanteil der Hinterachse durch verschiedene Maßnahmen so zu dimensionieren, dass sie bis zu einem Bremsdruck, der einer Längsverzögerung von ca. 0,8g entspricht, grundsätzlich später blockiert als die Vorderachse. Erst bei einer noch höheren Längsverzögerung als 0,8g bzw. bei einem entsprechendem Bremsdruck ist es zulässig, dass die Räder der Hinterachse vor den Rädern der Vorderachse blockieren.

Bis zur Einführung von Blockierschutzregelungssystemen (ABS) wurde das Erfüllen dieser Forderung den mechanisch/hydraulischen Druckreglern (lastabhängigen Regler oder Regler mit festem Umschaltpunkt) an der Hinterachse, welche der Bremskraftminderung dienten, übertragen.

Vor einigen Jahren wurde, vor allem bei frontgetriebenen Kleinfahrzeugen mit einer ungünstigen Gewichtsverteilung (viel Last an der Vorder-, wenig Last an der Hinterachse),

eine Regelungsfunktion entwickelt und eingeführt, die einen Verzicht auf hydraulisch/mechanische Maßnahmen zur Reduzierung des Bremskraftanteils der Hinterachse ermöglichte. Durch diese Regelungsfunktion wurden die verschiedenen hydraulisch/mechanischen Bremskraftregler ersetzt. Diese Regelungsfunktion wurde "EBV-Regelung" (elektronische Regelung der Bremskraftverteilung) genannt.

EBV sperrt bei einem Bremsvorgang die Hinterachse (u. U. auch ein einzelnes Hinterrad) aufgrund des Schlupfes an mindestens einem Hinterrad durch die Aktivierung der Einlassventile vom weiteren Druckaufbau ab. Anstelle des Schlupfsignals können auch verschiedene andere Signale, wie Längs- oder Querschleunigung oder deren Ableitungen und Verknüpfungen, zu diesem Zweck ausgewertet werden. Das Absperren der Hinterradbremse vom weiteren Druckaufbau ist nicht vollständig, vielmehr wird ein gesteuerter Druckaufbau mit einem extrem niedrigen Gradienten erlaubt.

Beim Einsetzen eines EBV-Regelungsvorgangs wird zunächst ein weiterer Druckaufbau an der Hinterachse unterbunden. Zu einem späteren Zeitpunkt, nach dem der Schlupf sich reduziert hat, kann der Druck vorsichtig erhöht werden. Auf diese Weise entsteht eine selbstständige Regelung, die ohne mechanisch/hydraulische Zusatzelemente die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterachse sicherstellt.

Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die EBV-Regelung bereits durch eine harmlose Straßenstörung oder einen Reibwertfleck bei einem relativ niedrigen Bremsdruck ausgelöst wird, bei dem eine Beschränkung der Bremskraft an der Hinterachse nicht angebracht ist. Wenn der Fahrer jetzt mit einer Notsituation konfrontiert wird, die maximale Verzögerung, d.h. maximale Reibwertausnutzung an beiden Achsen er-

fordert, kann der Bremskraftanteil der Hinterachse nur mehr oder minder zeitlich verzögert abgerufen werden

Die bekannten EBV-Regelungsmaßnahmen haben grundsätzlich die folgenden Nachteile:

- Das Bremsvermögen des Fahrzeugs bei schneller Erhöhung des Vordrucks wird beeinträchtigt, denn das Fahrzeug wird in der Regel zum Stillstand abgebremst, bevor die Hinterachse die vollständige Ausnutzung ihres Bremspotenzials erreicht;
- die zu geringe Ausnutzung des Bremspotenzials der Hinterachse führt zu erhöhtem Belagverschleiß an der Vorderachse.

Ein großes Problem stellt die Bestimmung des richtigen Zeitpunkts des Eintritts in die EBV-Regelung dar. Wird eine EBV-Regelung als Folge einer Störung ausgelöst, kann dies letztendlich zu einer deutlichen Bremswegverlängerung führen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die vorgenannten Nachteile der bekannten EBV-Regelungen zu überwinden und ein Verfahren vorzuschlagen, dass ohne Einbuße an Stabilität zu einer höheren Ausnutzung des Bremsvermögens der Hinterräder führt.

Es hat sich herausgestellt, dass diese Aufgabe durch das im Anspruch 1 genannte Verfahren gelöst werden kann, dessen Besonderheit darin besteht, dass die Bremskraftverteilung in Abhängigkeit von Summensignalen, die durch Addition von an den Hinterrädern radindividuell ermittelten Beschleunigungswerten und/oder von an den Hinterrädern radindividuell ermittelten Schlupfwerten gewonnen werden, geregelt wird.

Als Beschleunigungswert wird zweckmäßiger Weise eine durch Integration der Radbeschleunigung gewonnene Größe (DVN) verwendet.

Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung werden die Beschleunigungssummensignale und die Schlupfsummensignale jeweils mit vorgegeben Beschleunigungs- bzw. Schlupfsschwellen verglichen, die den Erkennungs- oder Regelungseintrittsschwellen eines Blockierschutzregelungssystems (ABS-Regelung) entsprechen. Beim Überschreiten dieser Schwellen wird die EBV-Regelung ausgelöst.

Eine weitere Ausführungsart des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Beschleunigungssummensignale und Schlupfsummensignale jeweils mit einem variablen Summenfaktor, nämlich mit einem Beschleunigungssummenfaktor bzw. mit einem Schlupfssummenfaktor, multipliziert und gewichtet werden. Es hat sich dabei als Vorteil erwiesen, die Summe aus dem mit dem variablen Beschleunigungssummenfaktor gewichteten Beschleunigungssummensignal und aus dem mit dem variablen Schlupfsummenfaktor gewichteten Schlupfsummensignal zu bilden und als Kriterium zur Auslösung der EBV-Regelung zu bewerten.

Die Summenfaktoren werden derart variiert, dass tendenziell bei hohem Erfüllungsgrad, d.h. bei relativ hohem Wert des gewichteten Beschleunigungssummensignals oder des gewichteten Schlupfsummensignals, bereits eine geringerer Wert der zweiten Komponente, d.h. des Schlupfsummensignals bzw. des Beschleunigungssummensignals, zur Auslösung der EBV-Regelung führt. Dies wird erreicht, indem zur Bestimmung des Eintritts der EBV-Regelung das Beschleunigungssummensignal und das Schlupfsummensignal sukzessive mit variablen Beschleunigungssummenfaktoren bzw. Schlupfsummenfaktoren, deren Werte vorgegeben sind, gewichtet werden.

Weitere Einzelheiten und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der beigefügten Abbildungen hervor.

Es zeigen

Fig. 1. eine Tabelle zur Veranschaulichung der Zuordnung der variablen Summenfaktoren nach der Erfindung

Fig. 2. im Ablaufdiagramm eine sukzessive Abfrage zur Bestimmung der variablen Summenfaktoren.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Möglichkeiten, die ein elektronisches Regelsystem, wie ein ABS, ESP etc., bietet, für eine entscheidende Verbesserung einer EBV-Regelung genutzt werden können.

Erfindungsgemäß wird das Drehverhalten der Hinterräder durch Ermittlung der Beschleunigung und des Radschlupfes individuell beobachtet und zur Bildung von Summensignalen ausgewertet, die dann den Eintritt in die EBV-Regelung bestimmen. Die Summensignale werden mit Beschleunigungs- und Schlupfschwellen verglichen, durch variable Summenfaktoren gewichtet und schließlich zur Bestimmung des EBV-Regelungseingriffs ausgewertet.

Dem Problem der verfrühten Auslösung wird also mit dem beide Hinterräder umfassenden und nachfolgend beschriebenen Verfahren begegnet, das auf folgenden Überlegungen beruht:

Betrachtet man beide Hinterräder eines Kraftfahrzeugs durch Summenbildung der relevanten ABS-Signale als ein Rad, so eröffnen sich neue Perspektiven, die es ermöglichen, den Kompromiss zwischen Fahrzeugverzögerung und Radstabilität zugunsten der Verzögerung zu verschieben, ohne Stabilitätsein-

bußen befürchten zu müssen. Dies gilt vor allem für Bremsvorgänge bei inhomogenen Fahrbahnverhältnissen, wie wellige Fahrbahn, Gefälle usw.. Die beschriebene Gefahr Problem einer verfrühten, auf viel zu niedrigem Druckniveau einsetzenden EBV-Regelung wird deutlich verringert. Den Erfordernissen nach maximaler Verzögerung wird ohne nennenswerten zeitlichen Verzug entsprochen.

Das ist der wesentliche Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Eine Regelung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird im folgenden "EBVplus" genannt. "EBVplus" stellt sicher, dass die Regeltätigkeit an der Hinterachse deutlich später einsetzt als bei einer herkömmlichen EBV-Regelung, jedoch deutlich früher als bei einer bekannten, auf das Maximum der μ -Schlupf-Kurve ausgelegten ABS-Regelung.

Die erfindungsgemäße EBVplus-Regelung setzt ein, sobald die die Summensignale die Erkennungsschwellen überschreiten. Dabei sind die EBVplus-Summenerkennungsschwellen immer größer als die radindividuellen ABS-Erkennungsschwellen, so dass sich zwangsläufig eine Beteiligung beider Hinterräder an der Erkennung der EBVplus-Regelung ergibt.

Erfindungsgemäß werden die ABS-relevanten Signale (Schlupf und Beschleunigung oder ein aus der Beschleunigung gebildetes Signal wie DVN) der Hinterachse addiert. Außer der Beschleunigung beider Hinterräder, können die Differenzbeträge zu den Beschleunigungssignalen der jeweiligen seitengleichen Vorderräder addiert werden. Die Beschleunigungssignale oder damit in Verbindung stehenden (DVN, Δa) Signale werden mit "a", die Schlupfsignale mit " λ " bezeichnet.

Die jeweiligen Summen werden mit den ABS-Erkennungsschwellen verglichen:

$$[(a_{HL}+a_{HR})>a_{Thr}*Sum_factor_a]&[(\lambda_{HL} + \lambda_{HR})>\lambda_{Thr}*Sum_factor_\lambda] \quad (1)$$

Die beiden Summenfaktoren, nämlich der Beschleunigungssummenfaktor "Sum_factor_{DVN}" und der Schlupfsummenfaktor "Sum_factor_λ", werden als variable Größen ausgeführt. Höherer Erfüllungsgrad der Beschleunigungsschwelle "a_{Thr}" reduziert die Anforderung bezüglich der Höhe des Erfüllungsgrads der Schlupfschwelle "λ_{Thr}".

Die beiden Größen sind so gewählt, dass bei einer einseitigen Instabilität die individuelle ABS-Erkennungsschwelle immer vor den Summenbedingungen anspricht.

Das folgende bezieht sich auf ein spezielles Ausführungsbeispiel der Erfindung:

Es werden die Summensignale für den Schlupf und für das Beschleunigungsintegral nach der Beziehung

$$\lambda_{HA} = \lambda_{HL} + \lambda_{HR} \quad \text{und}$$

$$DVN_{HA} = DVN_{HL} + DVN_{HR}$$

gebildet (HA bezeichnet die Hinterachse). Der Schlupf ist bekanntlich definiert als $v_{REF} - v_{RAD}$; "DVN" ist das Integral der Radbeschleunigung oder Radverzögerung.

Die Summensignale werden einem Vergleich mit der Schlupf- und mit der DVN-Schwelle unterzogen:

$$[(DVN_{HA})>DVN_{Thr}*Sum_factor_{DVN}]&[(\lambda_{HL}+\lambda_{HR})>\lambda_{Thr}*Sum_factor_\lambda] \quad (2)$$

Die Variabilität dieser Summenfaktoren veranschaulicht die tabellarische Darstellung nach Fig. 1.

Aus dem in Fig. 2 gezeigten Ablaufdiagramm eines Abfragezyklus lässt sich die Verknüpfung der variablen Summenfaktoren nach dem in Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung ansehen.

Nach dem "START" der Abfrage (siehe Fig. 2) wird geprüft, ob die Bedingung

$$[(DVN_{HA}) > DVN_{Thr} * Sum_ (factor_{DVN})_1] \& [(\lambda_{HL} + \lambda_{HR}) > \lambda_{Thr} * (Sum_ factor_{\lambda})_1],$$

erfüllt ist, wobei Summenfaktoren mit den Werten in Zeile 1 der Tabelle nach Figur 1 zugrunde gelegt werden. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, folgt eine Abfrage auf Basis der Summenfaktoren "2", d.h. der Werte in Zeile 2 der Tabelle nach Fig. 1, usw..

Einmal eingeleitet, läuft die EBVplus Regelung nach denselben Kriterien ab wie eine normale ABS-Regelung. Auch bei diesem System wird aus Komfortgründen auf das Einschalten der Rückförderpumpe verzichtet.

Technische Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens ("EBVplus") gegenüber herkömmlichem EBV sind u.a. die folgenden:

- Große Unempfindlichkeit gegenüber Störungen, dadurch bedarfsgerechtes Ansprechen der Regelung;
- durch deutlich späteres Einsetzen und schnelleres Ablaufen der Regeltätigkeit ist optimales Ausnutzen des verfügbaren Reibungskoeffizienten, selbst bei Änderungen der Fahrervorgaben durch plötzliche Vordrucksteigerung sichergestellt; es wird in jeder Situation ein kurzer Bremsweg erreicht;
- gleichmäßige Abnutzung der Bremsbeläge beider Achsen

- es sind keine zusätzlichen Sensoren zum Erreichen der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestverzögerung bei Kreisausfall nötig, da die Regelung im Bereich des μ_{MAX} erfolgt.

Ein weiterer wesentlicher Punkt der Erfindung ist:

Durch die Summenbildung aller relevanten Regelungssignale beider Hinterräder wird der Bremsdruck in den Bremsen der beiden Hinterräder in der Nähe des maximalen Reibungskoeffizienten μ_{MAX} für die gegebene Reifen-Fahrbahn-Kombination, jedoch auf dem stabilen Ast der μ -Schlupf-Kurve, geregelt. Damit ist sowohl eine hohe Fahrzeugstabilität als auch eine optimale Bremskraft sichergestellt.

Unabhängig davon, ob der Fahrer in diesem Zustand den Vordruck hält oder erhöht, stellt sich durch das Abregeln der Hinterachse ein Bremsdruck ein, bei dem die beiden Hinterräder sehr nah an das erreichbare Maximum der Bremskraft für den gegebenen Reibwert herangeführt werden.

Wird der Vordruck durch den Fahrer erhöht, ist eine weitere Erhöhung der Bremskraft an der Hinterachse nur in einem sehr kleinen Schlupfbereich möglich, genau genommen bis zum Erreichen von μ_{MAX} , beziehungsweise bis zum Einsetzen der ABS-Regelung an der Hinterachse. Der Wechsel von der EBVplus-Regelung in die ABS-Regelung ist in Falle der Vordruckerhöhung fließend, handelt es sich doch um einen sehr engen Schlupfbereich.

Beim Konstanthalten des von der Pedalbetätigung abhängigen Vordrucks wird die EBVplus-Regelung nach einer bestimmten Zeit, d.h. im vorliegenden Beispiel nach ca. 300 - 500 ms des gepulsten Druckaufbaus mit der Ventilschaltung, beendet und

ein permanenter Druckaufbau ermöglicht. Damit ist sichergestellt, dass eine durch Fahrbahnstörung eventuell ausgelöste EBVplus-Regelung zügig beendet wird.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur elektronischen Regelung der Bremskraftverteilung auf die Vorder- und die Hinterachse eines Kraftfahrzeugs (EBV-Regelung), bei dem das Drehverhalten der Fahrzeugräder ermittelt, mit der Fahrzeuggeschwindigkeit oder Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit und/oder mit den Änderungen dieser Größen verglichen und zur Begrenzung des Schlupfes an den Hinterradbremzen durch Modulation des Bremsdruckes ausgewertet wird, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremskraftverteilung in Abhängigkeit von Summensignalen, die durch Addition von an den Hinterrädern radindividuell ermittelten Beschleunigungswerten und/oder durch Addition von an den Hinterrädern radindividuell ermittelten Schlupfwerten gewonnen werden, geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass als Beschleunigungswert eine radindividuell durch Integration der Radbeschleunigung gewonnene Größe (DVN) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Beschleunigungssummensignale (DVN_{HA}) und die Schlupfsummensignale ($\lambda_{HL} + \lambda_{HR}$) jeweils mit vorgegeben Beschleunigungs- (DVN_{Thr}) bzw. Schlupfschwellen (λ_{Thr}) verglichen werden, die den Erkennungs- oder Regelungseintrittsschwellen eines Blockierschutzregelungssystems (ABS-Regelung) entsprechen, und dass bei Überschreiten dieser Schwellen die EBV-Regelung ausgelöst wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Beschleunigungssummensignale (DVN_{Thr}) und Schlupfsummensignale ($\lambda_{HL} + \lambda_{HR}$) jeweils mit einem variablen Summen-

faktor, nämlich mit einem Beschleunigungssummenfaktor ($\text{Sum_factor}_{\text{DVN}}$) bzw. mit einem Schlupfssummenfaktor ($\text{Sum_factor}_{\lambda}$), multipliziert und gewichtet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe aus dem mit dem variablen Beschleunigungssummenfaktor ($\text{Sum_factor}_{\text{DVN}}$) gewichteten Beschleunigungssummensignal ($(\text{DVN}_{\text{HA}}) > \text{DVN}_{\text{Thr}}$) und aus dem mit dem variablen Schlupfssummenfaktor ($\text{Sum_factor}_{\lambda}$) gewichteten Schlupfsummensignal ($(\lambda_{\text{HL}} + \lambda_{\text{HR}}) > \lambda_{\text{Thr}}$) gebildet und als Kriterium zur Auslösung der EBV-Regelung bewertet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass tendenziell bei hohem Erfüllungsgrad, d.h. bei relativ hohem Wert des gewichteten Beschleunigungssummensignals ($(\text{DVN}_{\text{HA}}) > \text{DVN}_{\text{Thr}} * \text{Sum_factor}_{\text{DVN}}$) oder des gewichteten Schlupfsummensignals ($(\lambda_{\text{HL}} + \lambda_{\text{HR}}) > \lambda_{\text{Thr}} * \text{Sum_factor}_{\lambda}$), bereits eine geringerer Wert der zweiten Komponente, d.h. des Schlupfsummensignals bzw. des Beschleunigungssummensignals, zur Auslösung der EBV-Regelung führt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung des Eintritts der EBV-Regelung das Beschleunigungssummensignal und das Schlupfsummensignal sukzessive mit variablen Beschleunigungssummenfaktoren bzw. Schlupfsummenfaktoren, deren Werte vorgegeben sind, gewichtet werden.

Verfahren zur elektronischen Regelung der Bremskraftverteilung

Zusammenfassung:

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur elektronischen Regelung der Bremskraftverteilung auf die Vorder- und die Hinterachse eines Kraftfahrzeugs (EBV-Regelung), bei dem das Drehverhalten der Fahrzeugräder ermittelt, mit der Fahrzeuggeschwindigkeit oder Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit und/oder mit den Änderungen dieser Größen verglichen und zur Begrenzung des Schlupfes an den Hinterradbremse durch Modulation des Bremsdruckes ausgewertet wird. Die Bremskraftverteilung wird in Abhängigkeit von Summensignalen (ΣD_{VN} , $\Sigma \lambda_{HA}$), die durch Addition von an den Hinterrädern radindividuell ermittelten Beschleunigungswerten und/oder durch Addition von an den Hinterrädern radindividuell ermittelten Schlupfwerten gewonnen werden, geregelt. Insbesondere ist vorgesehen, die Summensignale (ΣD_{VN} , $\Sigma \lambda_{HA}$) mit variablen Summenfaktoren ($\text{Sum_factor}_{D_{VN}}$, $\text{Sum_factor}_{\lambda}$) zu gewichten und als Kriterium zur Auslösung der EBV-Regelung (sogenannte EBVplus-Regelung) auszuwerten.

(Fig. 2)

Zeile	Sum_factor _{DVN}	Sum_factor _λ
1	1,0	1,1
2	1,1	1,0
3	1,2	0,8
4	1,35	0,6
n	1,45	0,0 (die Bedingung entfällt)

Fig. 1: Tabellarische Darstellung der variablen
Summenfaktoren

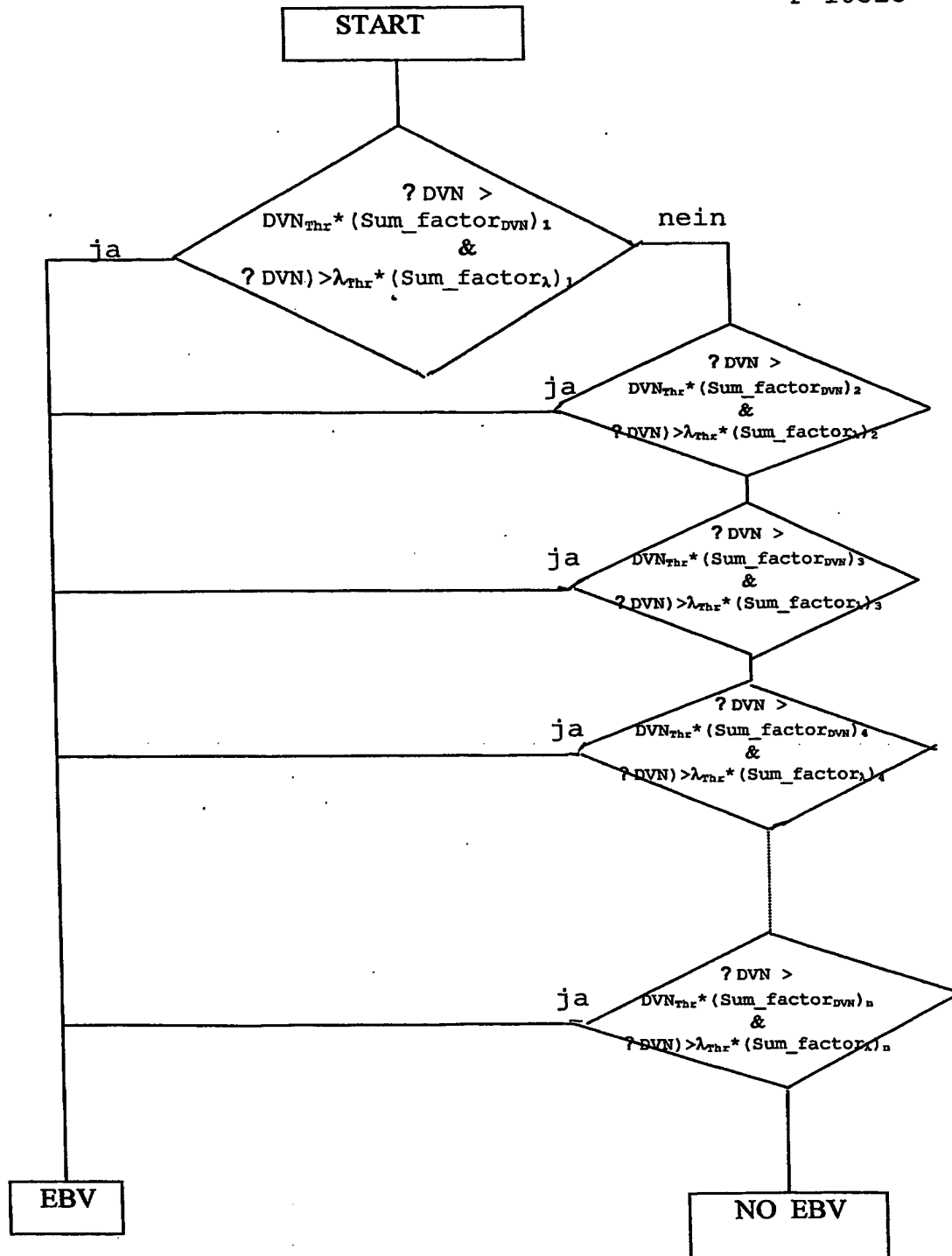


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.